



TITLE:

連結制振機構を用いた建物における  
連結ダンパーのエネルギー伝達  
関数に基づく合理的設計法(  
Abstract\_要旨)

AUTHOR(S):

福本, 義之

---

CITATION:

福本, 義之. 連結制振機構を用いた建物における連結ダンパーのエネルギー伝達関数に基づく合理的設計法. 京都大学, 2017, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2017-07-24

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k20627>

RIGHT:

京都大学	博士（工学）	氏名	福本 義之
論文題目	連結制振機構を用いた建物における連結ダンパーのエネルギー伝達関数に基づく合理的設計法		
<p>1995 年の兵庫県南部地震、2011 年の東北地方太平洋沖地震、2016 年の熊本地震など、多大な被害を与える想定外の大地震が近年多数発生している。海溝型の地震による長周期・長継続時間地震動や直下型地震によるパルス性の地震動などの種々の地震動に的確に対応するには、従来の耐震構造だけでは不十分であり、耐震建物間の連結構造システムや、免震と制振の両方を併せ持つ新しい構造システムなどを導入する必要がある。本論文では、このような要請に応えるために、耐震建物間の連結構造システムや、基礎免震機構と連結制振機構を組み合わせたハイブリッド型の新しい構造システムを提案している。各章の要旨を以下に示す。</p> <p>第 1 章「序論」では、本研究の背景と目的について述べた後に、既往の研究の調査を行い、本論文との関係について論じている。さらに、本論文の構成と概要を示している。</p> <p>第 2 章では、本論文で扱う連結制振建物に対する解析モデルの妥当性の検討を行っている。すなわち、連結制振構造を有する実在の超高層建物において実測された地震観測データを用いて、解析モデルのパラメータ設定に関する検討を行っている。特に、連結ダンパーの建物への設置状況の詳細を考慮することの重要性や、モード減衰の設定の仕方、さらにはダンパーそのものや周辺部材の剛性などを考慮することの重要性について検討している。実測された地震観測データは小さな入力レベルに対するものであるため、建物および連結ダンパーの振幅依存性などについては別途検討が必要であることを述べている。本地震観測で用いられている鉄筋コンクリート建物および連結ダンパーそれぞれの振幅依存性については、これまでも十分な研究および調査実績があり多くの検討が行われているため、追加の検討として必要と考えられるのは、2 棟の建物の振動と連結ダンパーの作動状況を同時に考慮した上での性能評価とそれに対応する解析パラメータの検討であることを明らかにしている。</p> <p>第 3 章では、断層近傍地震動と長周期・長継続時間地震動を複数のインパルス列（ダブルインパルスとマルチインパルス）でモデル化した場合を考え、それらの入力により連結制振モデルの振動特性を簡潔に把握する方法を提案している。前半では、連結制振建物に対する地震入力エネルギーを時間領域からのフーリエ変換などにより振動数領域で定式化し、エネルギー伝達関数という量を導入することにより、地震入力エネルギーを有効に表現できることを明らかにしている。さらに、連結制振建物全体のエネルギー伝達関数の面積は連結ダンパー量に関係なく一定となることを明らかにし、連結制振建物全体のエネルギー伝達関数は各建物と連結ダンパーに関してそれぞれ定義されるエネルギー伝達関数の和で表現されることを明らかにしている。後半では、断層近傍地震動を近似したダブルインパルスと、長周期・長継続時間地震動を近似したマルチインパルスによる連結制振構造における入力エネルギーについて、前述と同様の振動数領域での定式化により詳細に検討している。まず、エネルギー伝達関数とダブルインパルスおよびマルチインパルスのフーリエ振幅の積の振動数領域での積分を考えることにより地震入力エネルギーを表現し、連結制振構造にとって最悪となる地震動入力の特徴（インパルス時間間隔）を明らかにしている。また、最悪となる地</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	福本 義之
<p>震動は、どのような構造体（部分構造）を対象とするかにより異なるものとなることを明らかにしている。</p> <p>第4章では、連結制振構造と免震構造を組み合わせたハイブリッド構造システムを提案している。粘性系のオイルダンパーを連結ダンパーとして用いた場合には、連結制振構造は継続時間の長い長周期地震動に対しては有効であるが、直下型の衝撃的な地震動には必ずしも有効ではないことが知られている、一方、免震構造は直下型の衝撃的な地震動には有効であるが、長周期地震動に対しては共振により応答が増大する可能性のあることが指摘されている。提案ハイブリッド構造システムは、これらの短所を補い合う優れた特性を有している。本章では提案ハイブリッド構造システムのロバスト性と冗長性の検証を行っている。検証は、耐震建物に対する連結制振構造や免震構造単独モデルとの比較において、その最適なダンパー量やダンパー配置の検討、実建物を想定した様々な解析を通じて行っている。具体的には、ホワイトノイズ入力に対する入力エネルギーを表す3章で導入されたエネルギー伝達関数の振動数領域における面積を考えることにより、最適なダンパー量と配置が求められることを明らかにしている。この最適なダンパー量と、定点理論に基づく既往の研究から得られる最適なダンパー量を比較し、提案する方法の妥当性を明らかにしている。また、提案するハイブリッド構造システムの地震動に対するロバスト性と冗長性を明らかにするために、記録地震動や模擬地震動（直下型と海溝型）に対する地震応答解析を実施し、提案システムは幅広い地震動に対して優れたロバスト性と冗長性を有することを明らかにしている。さらに、提案システムでは想定外のレベルの地震動を受けた場合に両建物間に衝突が発生することを許容しており、衝突による影響を緩和する等の対策を施すことにより、高い冗長性に貢献する一つの役割を果たすことを明らかにしている。</p> <p>第5章「結論」では、本論文で得られた成果を要約し、今後の課題を述べている。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、想定外の地震動にも的確に対応するために、冗長性やロバスト性に富んだ建物構造システムとして、耐震建物間の連結構造システムや、基礎免震と連結制振を組み合わせたハイブリッド型の新しい構造システムを提案したものである。得られた主な成果は次の通りである。

1. 連結制振構造を有する実在の超高層建物において実測された地震観測データを用いて、解析モデルのパラメータ設定に関する検討を行い、連結ダンパーの建物への設置状況の詳細を考慮することの重要性や、モード減衰の設定の仕方、さらにはダンパーそのものや周辺部材の剛性などを考慮することの重要性を明らかにした。
2. 2棟の耐震建物をオイルダンパーで連結した連結制振建物に対する地震入力エネルギーを振動数領域で定式化し、エネルギー伝達関数という量を導入することにより、地震入力エネルギーを有効に表現できることを明らかにした。さらに、連結制振建物全体のエネルギー伝達関数の面積は連結ダンパー量に関係なく一定となることを明らかにし、連結制振建物全体のエネルギー伝達関数は各建物と連結ダンパーに関してそれぞれ定義されるエネルギー伝達関数の和で表現されることを明らかにした。
3. 断層近傍地震動を近似したダブルインパルスと、長周期・長継続時間地震動を近似したマルチインパルスを考え、前述のエネルギー伝達関数とダブルインパルスおよびマルチインパルスのフーリエ振幅の積の振動数領域での積分を考えることにより、連結制振構造にとって最悪となる地震動入力の特徴（インパルス間隔）を明らかにした。また、最悪となる地震動は、どのような構造体（部分構造）を対象とするかにより異なるものとなることを明らかにした。
4. もう一つの構造システムとして連結制振構造と免震構造を組み合わせたハイブリッド構造システムを考え、この構造システムは2棟の耐震構造建物を連結したシステムよりもロバスト性と冗長性に優れていることを明らかにした。さらに、前述のエネルギー伝達関数の振動数領域における面積を考えることにより、最適なダンパー量と配置が求められることを明らかにした。定点理論に基づく既往の研究の最適ダンパー量と比較し、提案する方法の妥当性を明らかにした。

以上の内容を要約すると、本論文は、種々の幅広い特性を有する地震動にも対応可能な冗長性やロバスト性に優れた建物構造システムとして、耐震建物間の連結構造システムや、基礎免震と連結制振を組み合わせたハイブリッド型の新しい構造システムを提案したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成29年6月26日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。